UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"Júlio de Mesquita Filho"

FCT - FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Campus de Presidente Prudente

ARTHUR RYU OTOMO

INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM EQUIPAMENTOS DE DIATERMIA POR MICROONDAS POR APARELHOS DE TELEFONIA MÓVEL CELULAR GSM

Presidente Prudente
2010

ARTHUR RYU OTOMO

INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM EQUIPAMENTOS DE DIATERMIA POR MICROONDAS POR APARELHOS TELEFONIA MÓVEL CELULAR GSM

Projeto de pesquisa apresentado à banca examinadora e ao Conselho de Curso de Graduação em Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP - Campus de Presidente Prudente como exigência parcial para conclusão de curso.

Orientador: Prof. Dr. Angel Fidel Vilche Peña

Presidente Prudente
2010

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente equipamentos de telefonia móvel, ou seja, telefones celulares utilizam sistema GSM de telefonia *triband* e operam em faixas de freqüência de 900 MHz, 1800 MHz e 1900MHz.

De acordo com Y. Zhu *et al.*(2008), é possível que aparelhos móveis possam afetar funções cerebrais. De fato, estudos preliminares mostraram que tais equipamentos podem afetar o funcionamento e comportamento ao nível cerebral devido ao campo eletromagnético gerado por um aparelho móvel GSM, este, modificou a excitabilidade e aumentou a banda alfa no exame eletroencefalograma – EEG (FERRERI, 2006).

1.1 O Eletromagnetismo

Ondas eletromagnéticas existem na natureza em abundância, o que é facilmente provado pelo simples fato de que os raios solares atingem a Terra. Não apenas a luz visível, mas também o infravermelho, ultravioleta, raios X, raios gama e até mesmo ondas de radiofreqüência são de natureza eletromagnética; isso lhes dá a propriedade de serem capazes de atravessar o vácuo do espaço. Não podemos nos esquecer de que também existem os raios cósmicos, cujas origens aparentemente remontam ao nascimento do universo. (HAWKINS, 2001)

As ondas eletromagnéticas estão presentes na Terra e não apenas isso, o corpo humano possui, dentro de si, linhas de transmissão de correntes elétricas, na forma de íons pelos quais se transmitem informações do sistema nervoso (OMS, 2002).

De acordo com a Lei de Indução de Faraday, que expressa que se um circuito contém N voltas firmemente colocadas e o fluxo magnético pelo qual cada volta muda em $\Delta\Phi_B$, em que $\Delta\Phi_B$ é o fluxo eletromagnético, durante um intervalo Δt, a freqüência eletromagnética média induzida no circuito durante o tempo Δt será:

$$\epsilon = -N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

Em que ϵ é a denominada "força" eletromotriz. Mesmo com essa denominação essa "força"é uma voltagem e mede-se em Volts, sendo uma parte da Lei de Ohm, de modo que será proporcional à corrente elétrica. De acordo com a Lei de Indução de Faraday, é possível que uma corrente se forme por meio de um fluxo magnético (ou eletromagnético) devido a certas condições, ao se atravessar um campo eletromagnético, ocorre a formação de uma corrente elétrica em organismos vivos, pois os nervos podem atuar como se fossem fios condutores de corrente elétrica, em especial, a corrente iônica.
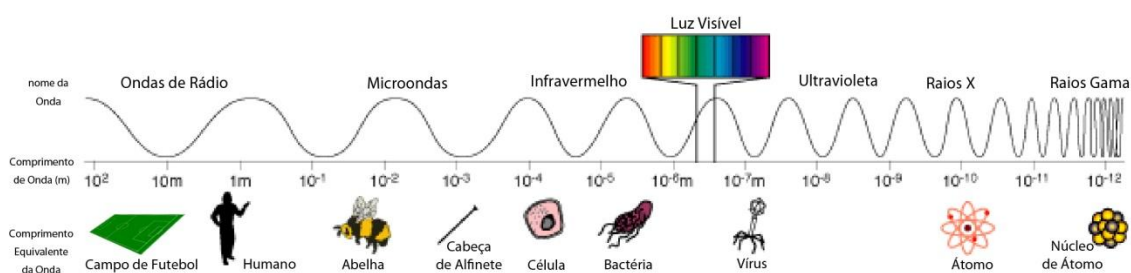
Figura 1: O espectro eletromagnético

Fonte: **NASA** (http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/waves3.html)

Muitos estudos são realizados para se compreender a interação entre os campos eletromagnéticos e os organismos vivos, em especial o ser humano. De acordo com Bueno (1995, p. 96 e 97) vasta a contaminação de campos eletromagnéticos.

> A contaminação eletromagnética é talvez a menos evidente, a mais sutil das radiações que nos vemos expostos hoje em dia. Rápida e inexoravelmente, vai invadindo nossas cassas, nossos locais de trabalho, a natureza e a vida em geral.
>
> A contaminação eletromagnética aparece ao se criarem campos elétricos e magnéticos no espaço proveniente de um condutor que transporta uma corrente. Os campos magnéticos produzem-se por cargas elétricas (correntes elétricas) em cem forças sobre outras cargas em movimento.
>
> [...] A proteção aos campos eletromagnéticos é praticamente nula; as únicas prevenções possíveis são não nos aproximarmos dos campos magnéticos intensos e controlar sua proliferação nos lugares habitados ou transitados.

1.1.1 A Óptica das ondas eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagarem de acordo com Halliday (2007, p. 6), mas podem se propagar em meios, como o ar, água e vidro, entre outros. Com a teoria da relatividade, proposta por Einstein em 1905, a luz ganhou um papel especial na física, já que, de acordo com tal teoria, a velocidade da luz não iria mudar para o observador, não importando em qual referencial se encontre: seja um referencial estático ou em movimento. Assim a velocidade da luz no vácuo seria sempre:

$$c = 299792458\ ^{m}/_{s}$$

O mesmo ocorre para qualquer onda que seja de mesma natureza, ou seja, para ondas eletromagnéticas de maior ou menor freqüência, como as microondas, todavia, ondas eletromagnéticas são regidas por algumas características e leis, que citaremos a seguir (HALLIDAY, 2007, p. 75):

> Podemos definir o índice de refração *n* para cada meio como a razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio. Assim:
>
> $$\frac{sen\ \theta_1}{sen\ \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \qquad (35\text{-}2)$$
>
> $$n = \frac{c}{v} \qquad \text{(índice de refração)} \qquad (35\text{-}3)$$
>
> Em particular, para nossos dois meios, tempos:
>
> $$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad \text{e} \quad n_2 = \frac{c}{v_2} \qquad (35\text{-}4)$$
>
> Combinando as Eqs. 35-2 e 35-4, temos: [...] ou
>
> $$n_1 sen\ \theta_1 = n_2 sen\ \theta_2 \qquad \text{(lei da refração)} \quad (35\text{-}6)$$
>
> Muitos fenômenos interessantes de ondas na natureza não podem ser descritos por apenas um único pulso em movimento. Ao invés disso, devemos analisar ondas complexas em termos da combinação de múltiplas ondas. (...) A combinação de ondas separadas na mesma região do espaço para produzir uma onde resultante é denominada interferência. Para dois pulsos viajando em sentidos opostos de modo colinear, com amplitudes positivas e a onda resultante demonstra amplitude maior do que qualquer uma das ondas individuais, podemos dizer que tal superposição é uma **interferência construtiva**.
>
> Agora considere dois pulsos viajando em sentidos opostos em uma corda inextensível e sem massa em que um pulso é invertido em sua amplitude em relação a outra. Nesse caso, quando os pulsos começam a se sobrepor, a onda resultante é dada

> pela soma das duas amplitudes, mas o valor da amplitude de uma das é negativa. Novamente, os dois pulsos passam um pelo outro, todavia, como os deslocamentos são causados por dois pulsos que estão com amplitudes opostas, nos referimos a esta superposição como **interferência negativa**.

1.2 A Interferência Entre Ondas Eletromagnéticas

Um dos primeiros casos de interferência eletromagnética, EMI, foi observado quando o altímetro de um avião marcou leituras errôneas causadas pela interferência gerada pelo sistema de ignição de um aeroplano (MARK *et al.*, 1985).

Outros estudos têm demonstrado a preocupação de diferentes operadores aeronáuticos com os efeitos da interferência eletromagnética em equipamentos eletroeletrônicos dos aviões, devido ao uso de dispositivos eletrônicos móveis, especificamente telefones celulares (LIBRANTZ & LIBRANTZ, 2006).

Cabral *et. al*. (2005). definem a EMI como a “a ocorrência de alterações funcionais em um determinado equipamento devido à sua exposição a campos eletromagnéticos.” De uma forma ou de outra, todo equipamento eletrônico é passível de sofrer tal tipo de interferência e também de gerar campos eletromagnéticos - CEM, que podem vir a causar EMI em outros equipamentos. Assim, existem condições para que ocorram interferências, que são: uma fonte emissora, um equipamento receptor e um meio que estabeleça uma conexão entre a fonte emissora e o receptor.

Países em desenvolvimento, como o Brasil, possuem um ritmo de substituição de equipamentos eletro-eletrônicos menor que em países desenvolvidos, o que leva a coexistência de aparelhos com dezenas de anos e aparelhos de última geração, não sendo diferente nas telecomunicações. Tal incompatibilidade tecnológica se acentua a medida que aparelhos mais antigos funcionam próximos de aparelhos mais novos (CABRAL e MÜHLEN, 2001).

Os equipamentos médicos são uma preocupação a parte, por serem equipamentos de suporte a vida ou de diferentes terapias médicas, a atenção a EMI é constante. De acordo com Cabral e Mühlen (2001), tais equipamentos possuem componentes eletrônicos que podem funcionar como pequenas antenas para sinais de radiofreqüência e tais sinais dependem da intensidade

dos CEM irradiados, como a freqüência, o tipo de modulação e o posicionamento e polarização das antenas. Essas condições se manifestam de modo conjunto e são também influenciadas pela geometria do ambiente, conferindo as EMI caráter altamente aleatório e probabilístico.

Podemos empregar o termo imunidade a um equipamento que não sofre interferência externa de modo a prejudicar seu funcionamento. Da mesma maneira podemos utilizar o termo susceptibilidade para equipamentos que sofrem interferência externa podendo prejudicar o seu funcionamento. Um equipamento será susceptível a interferência externa a partir de certo nível de freqüência eletromagnética, estando imune abaixo desse nível (ZEVZIKOVAS, 2004).

Um equipamento eletromagneticamente compatível é aquele que possui capacidade de funcionar em ambiente eletromagnético sem produzir perturbações; caso não haja tal compatibilidade, poderá ocorrer EMI. Quando um equipamento emite ondas eletromagnéticas em um receptor susceptível, este sofre comportamento indesejado como resultado do CEM (CABRAL e MÜHLEN, 2001). Desta forma fica evidente que a EMI ocorre devido a combinação entre a fonte emissora e um receptor suscetível (KEISER, 1987 *apud* CABRAL e MÜLHEN, 2001).

De acordo com Niehaus, *et al.* (2001)*, h*á estudos que indicam que aparelhos móveis celulares podem causar interferência eletromagnética (EMI) em aparelhos eletromédicos complexos, incluindo marca-passos.

Este mesmo autor ainda demonstra que estudos *in vitro* apresentam evidências convincentes de que a tecnologia digital utilizada em aparelhos móveis celulares do tipo GSM possui grande potencial de interferir em equipamentos médicos em contraste com aparelhos analógicos. Porém, para que haja interferência, o aparelho deve se encontrar a menos de 10cm do marca-passo, de modo que nenhum episódio de interferência averiguados foram de significância clínica quando o aparelho celular estava justaposto a orelha ipsilateral.

Já Mühlen (2008) remete na possibilidade de interferência em aparelhos eletromédicos de suporte a vida, tais como holters, marca-passos, próteses

auditivas, desfibriladores internos, entre outros. A norma IEC 60601-1-2/2001 estabelece limites de emissão e imunidade que equipamentos eletromédicos devem apresentar em termos de intensidade de campo elétrico, medido em volts por metro (V/m). A NBR-IEC 60601-1-2/97 prevê que sejam conduzidos ensaios de modo a verificar a imunidade e a emissão de equipamentos eletromédicos para que se determine se são imunes a campos elétricos de até 3 V/m e não emitam campos elétricos acima de 20 dBµV/m (31 µV/m) entre 20 MHz e 230 MHz e 37 dBµV/m (70 µV/m) entre 230 MHz e 1 GHz caso o equipamento seja classe B, ou seja, para uso exclusivo em ambiente hospitalar (CABRAL e MÜHLEN, 2005). O decibel (dB) é "uma medida da razão entre duas quantidades, sendo usado para uma grande variedade de medições em acústica, física e eletrônica. O decibel é muito usado na medida da intensidade de sons. É uma unidade de medida adimensional, semelhante à percentagem. A definição do dB é obtida com o uso do logaritmo."[1]

A norma ANSI C63.18/1997 (MÜHLEN, 2008) propõe que haja um procedimento simples e acessível para que se avalie a susceptibilidade de equipamentos eletromédicos a determinadas fontes de Campos Eletromagnéticos - CEM.

Além disso, Mühlen (2008) observa a necessidade de considerar como o ambiente hospitalar é formado, ou seja, suas características e suas fontes para definir os parâmetros significativos da EMI: intensidade, freqüência e distribuição dos CEM. Principalmente devido as pequenas distâncias em que os equipamentos se encontram, o tamanho e a geometria irregular das salas, como as de UTI. Até mesmo o constante movimento de pessoas dentro das salas altera as características de reflexão do ambiente de modo que se torna praticamente impossível prever a verdadeira condição de interferência eletromagnética que os equipamentos eletromédicos são submetidos.

Cabral e Mühlen (2001) consideraram também que o mau funcionamento de equipamentos eletromédicos é quase sempre imprevisível. Apesar de na maioria dos casos os aparelhos de telefonia móvel serem os culpados de tais interferências, há grande dificuldade de reproduzir tais

[1] Wikipedia: Decibel. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Decibel. Acessom em: 22/11/2010 às 12:43.

interferências em ambiente experimental devido a diferentes fatores como: radiações próximas do limiar de susceptibilidade do equipamento, arranjo dos cabos podem ter suas posições alteradas desde o momento da interferência, mudança da posição do paciente, localização exata do equipamento pode ter sido alterada.

Tipicamente, em modo *stand by*, aparelhos móveis celulares produzem radiação eletromagnética de até 42 V/m a 0,1 m, caindo para abaixo de 7 V/m a um metro de distância (LAWRENTSCHUK e BOLTON, 2004).

Tais fatos indicam a necessidade de estudar a interferência dos CEM em outros equipamentos da área da saúde, como os usados na fisioterapia, não apenas interferências entre si, mas também com outros aparelhos eletrônicos, como os aparelhos de telefonia móvel celular.

1.3 O Aparelho Móvel Celular

Alexander Graham Bell é historicamente reconhecido como o inventor do telefone, apesar de alguns apontarem Antonio Meucci como o legítimo inventor[2]. Pode-se dizer que somente foi ultrapassado pela invenção do aparelho de telefonia móvel celular, se popularizando de tal forma e com tal velocidade que pode vir a se tornar, em número, mais numeroso do que seu predecessor, como pode ser visto na Figura 2, que mostra a evolução de número de usuários de aparelhos móveis celulares de 2001 à 2009 no Brasil (ANATEL).

---

[2] Wikipedia. Telephone. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Telephone>. Acesso em: 9/11/2009, 17:37.
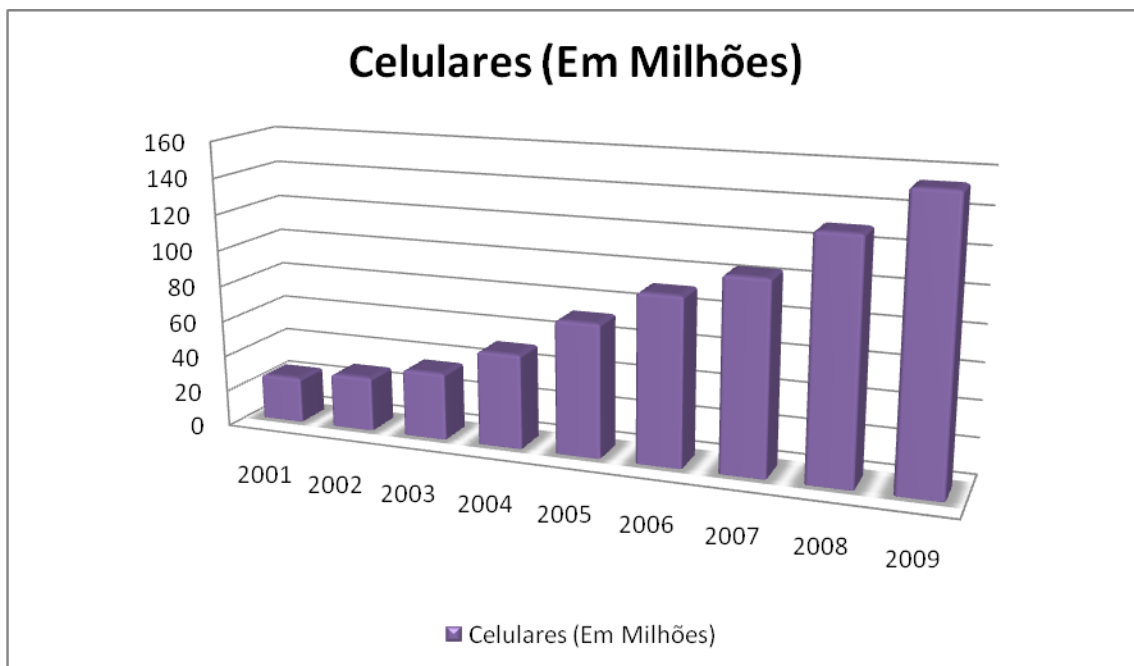
Figura 2: Evolução do Número de Aparelhos Móveis Celulares no Brasil

Fonte: ANATEL – Dados de Acessos Móveis em Operação e Densidade, por Unidade da Federação, do Serviço Móvel Pessoal (Maio 2002 – 2009)

Na Tabela 1 abaixo, observam-se algumas características da transmissão de informações sobre as freqüências de rádio utilizadas por aparelhos celulares, de acordo com o sistema:

Tabela1 – Sistemas de Transmissão de Telefonia Móvel Atuais e Suas Características

Sistema	**Banda**	**Uplink (MHz)**	**Downlink (MHz)**	**Número do Canal**
T-GSM-380	380	380.2–389.8	390.2–399.8	dinâmico
T-GSM-410	410	410.2–419.8	420.2–429.8	dinâmico
GSM-450	450	450.4–457.6	460.4–467.6	259–293
GSM-480	480	478.8–486.0	488.8–496.0	306–340
GSM-710	710	698.0–716.0	728.0–746.0	dinâmico

GSM-750	750	747.0–762.0	777.0–792.0	438–511
T-GSM-810	810	806.0–821.0	851.0–866.0	dinâmico
GSM-850	850	824.0–849.0	869.0–894.0	128–251
P-GSM-900	900	890.0–915.0	935.0–960.0	1–124
E-GSM-900	900	880.0–915.0	925.0–960.0	975–1023, 0-124
R-GSM-900	900	876.0–915.0	921.0–960.0	955–1023, 0-124
T-GSM-900	900	870.4–876.0	915.4–921.0	dinâmico
DCS-1800	1800	1710.0–1785.0	1805.0–1880.0	512–885
PCS-1900	1900	1850.0–1910.0	1930.0–1990.0	512–810

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_ranges

A Tabela 2 exibe os novos padrões de freqüências utilizados, como o 3G no Brasil e o DVB-H e padrões em desenvolvimento a serem implementados em aproximadamente dois a três anos, como o MediaFlo e o 4G.

Tabela 2 – Novos Sistemas de Transmissão de Telefonia móvel Celular

Atual / Tecnologias Planejadas	Banda	Frequência (MHz)
3G, 4G, MediaFlo, DVB-H	700 MHz	698-806
3G, 4G	AWS	1710-1755 e 2110-2170
4G	BRS/EBS	2500-2690

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_frequencies

Devido à distância da fonte de radiação, a exposição é maior do aparelho celular do que de estações base (KRISTIANSEN, 2009).

1.4 O Aparelho de Diatermia por Microondas

As microondas são categorizadas como uma faixa de ondas eletromagnéticas com espectro que varia de 300 MHz a 300 GHz, ou seja, comprimentos de onda desde 1 m até 1 mm. Encontram- se entre as ondas utilizadas para envio de sinais de televisão até o infravermelho. As primeiras válvulas magnetron foram criadas em 1921 para a produção das microondas. (LICHT, 1982 *apud* MCMEECKEN E STILLMAN, 1998).

Em Fisioterapia, na área de Ortopedia e Traumatologia, os equipamentos de Diatermia por Microondas são utilizados para fins terapêuticos no tratamento de dores musculares, lesões de tendão, doença articular degenerativa e bursite pela produção de calor profundo dos tecidos musculares pela ação das ondas eletromagnéticas (MCMEECKEN e STILLMAN, 1998).

As freqüências de microondas utilizadas na fisioterapia são de 915 MHz e 2450 MHz pelos aparelhos de diatermia por microondas. As microondas são utilizadas na fisioterapia com o objetivo de realizar aquecimento superficial, posteriormente absorvida pelo organismo e promovendo aquecimento profundo, ou seja, por diatermia. Seu aquecimento não é tão profundo como o aquecimento por ondas curtas ou por ultrassom (MCMEEKEN e STILLMAN, 1998).

Dentre os efeitos obtidos pelo tratamento por microondas, temos efeitos térmicos e não-térmicos.

Os efeitos térmicos são obtidos pelo movimento de moléculas polares dentro de seu campo eletromagnético das microondas, gerando calor. Quanto maior o teor de água no tecido, maior será a absorção de microondas, e, portanto, sua penetração. Microondas a 2450 MHz têm penetração menor do que tais ondas a 915 MHz. A temperatura final é grandemente influenciada pelo fluxo sanguíneo. Tecidos superficiais atingem temperatura máxima dentro de 5 a 10 minutos; depois disso o fluxo sanguíneo previne maior aquecimento (GOATS, 1990).

Os efeitos não-térmicos são possivelmente causados pela interação entre o campo eletromagnético e os tipos específicos de moléculas receptoras. (GOATS, 1990).

2. JUSTIFICATIVA

A constante evolução tecnológica traz avanços cada vez mais surpreendentes para maior eficiência no trabalho e vida pessoal da população. Desde a descoberta do fogo até a atual pesquisa em nanotecnologia, nada marca tanto a vida do ser humano quanto a diminuição das distâncias que tem que percorrer, entretanto isso não significa um deslocamento físico apenas, mas também de sua comunicação.

Podemos dizer que o avanço tecnológico pode ser pontuado em marcos de avanços da comunicação. Papiro, cartas, telégrafos, telefones fixos, telefones móveis e, atualmente, videoconferência (popularizado como videofone para a população geral por meio do sistema 3G) demarcam claramente as alterações não apenas na comunicação do homem; mas seu estilo de vida mudou à medida que cada inovação atingiu as massas.

Não foram apenas os grandes avanços no setor de telecomunicações que levaram à popularização de aparelhos de telefonia móvel. Com o passar dos anos eles tornaram-se acessíveis, financeiramente; associado a isso observou-se o aumento da grande gama de modelos disponíveis, desde os mais simples até os mais luxuosos fazendo com que tal instrumento, criado para simplesmente mobilizar o indivíduo que outrora necessitava permanecer em um ponto fixo (ou ir para um) se comunicar em movimento, mas acabou por se tornar um símbolo de status, ícone nos anos 90, sendo que sua popularidade perdura até hoje, aumentando a cada dia.

Mesmo que haja controvérsia a respeito da ocorrência de interferência entre aparelhos eletromédicos, não apenas entre si, mas também, com outros aparelhos eletrônicos, como os de telefonia celular, não existem trabalhos realizados sobre a interferência eletromagnética destes com os equipamentos de diatermia por microondas utilizados em tratamentos clínicos na fisioterapia.

Tal fato colaborou para a realização deste estudo, observando a EMI nos equipamentos de diatermia por microondas devido ao uso de telefonia móvel.

3. OBJETIVO

Verificar se ocorre interferência eletromagnética causada por uso do equipamento de telefone celular durante tratamento com Diatermia de Microondas.

3.1 Objetivos Específicos

a) Observar a velocidade do aumento de temperatura com a aplicação da diatermia de microondas;

b) Observar se ocorrem picos de aquecimento com a interferência eletromagnética do aparelho móvel de telefonia celular no aparelho de diatermia por microondas;

c) Analisar a energia desprendida no *phantom* pelo aparelho de diatermia por microondas durante as simulações de tratamento com e sem a presença do aparelho móvel de telefonia celular.

4. MATERIAIS e MÉTODOS

4.1 Tipo de Estudo

Estudo experimental e quantitativo observando possíveis interferências de funcionamento do equipamento de diatermia por microondas devida à interferência eletromagnética.

Foi averiguada alteração de temperatura e campo elétrico em um *phantom* durante a execução de uma simulação de tratamento com um aparelho de diatermia por microondas.

4.2 Local da Realização do Experimento

O experimento foi conduzido no na sala 18, Discente III da FCT-UNESP campus Presidente Prudente na sala especificamente alocada para aulas práticas e demonstração da utilização de equipamentos de diatermia por ondas-curtas e microondas.

4.3 Instrumentos Utilizados

4.3.1 Equipamento de Diatermia por Microondas

O aparelho de diatermia por microondas utilizado foi o Microtherm TMW 0001 fabricada pela KLD Biosistemas Equipamentos Eletrônicos Ltda., com potência máxima eficaz do aplicador de 120 watts (Manual de Operação Microtherm TMW 0001).

Figura 2: Microtherm TMW 0001 aa KLD Biosistemas Equipamentos Eletrônicos Ltda

4.3.3 Aparelho Móvel de Telefonia Celular

O aparelho móvel celular utilizado no experimento foi o N96 fabricado pela Nokia Corporation. A potência da antena é de 250 mW (SAR Compliance Test Report - FCC, 2008).

Figura 3: Aparelho móvel celular Nokia N96

Fonte: http://www.cellulari-web.com/nokia/nokia-n96/

4.3.3 Equipamento de Medida

Foi utilizado o medidor de temperatura denominado Termopile de Moll, concedido em empréstimo pelo Prof. Angel Videl Vilche Pena, responsável pelo Laboratório de Eletrônica e docente do Departamento de Física, Química e Biologia da FCT/UNESP.

Este equipamento é utilizado para medir energia radiante, por exemplo, infravermelho, mede a energia térmica de um corpo negro ou a energia de distribuição de espectro para medição de padrões de difração. Este instrumento é recomendado para medições de temperatura em que se exige alta precisão. A voltagem gerada por ele é proporcional à intensidade da radiação.

Figura 4: Termopile de Moll
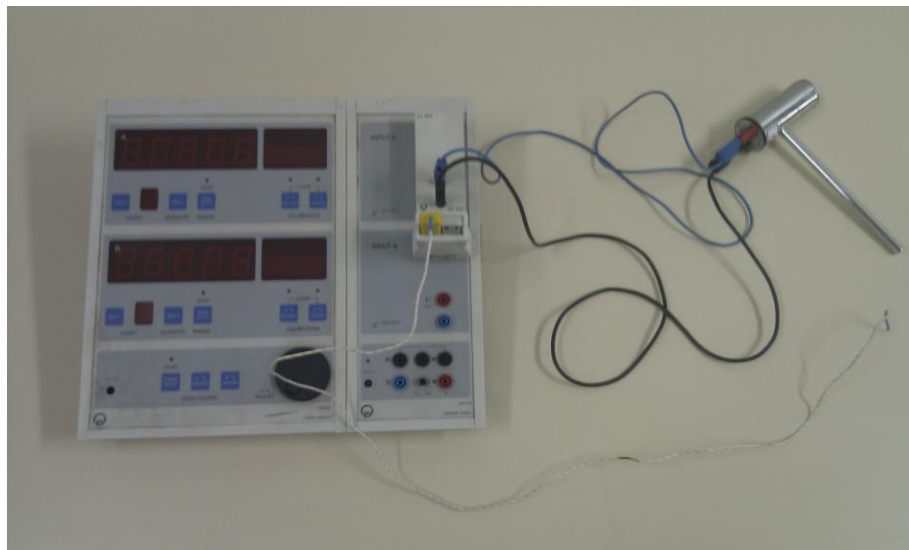
Figura 5: Termopile de Moll com mostrador digital para leitura dos sinais obtidos pelo termopile com termopar de fio (branco) acoplado

4.3.4 Phantom

O *phantom* consiste de um modelo que simula uma parte ou o todo do corpo humano ou um organismo a fim de não expor organismos vivos a fontes eletromagnéticas potencialmente nocivas. No experimento em questão foi utilizado um recipiente de plástico contendo dois litros de água salina, que nos estudos realizados por Messias (2003), se apresentou compatível para simular tratamento com ser humano. A solução salina é produzida à partir de uma colher de sopa de sal de cozinha para cada litro de água.

4.4 Procedimento do Experimento

Foi realizada simulação de tratamento fisioterápico de diatermia por microondas utilizando-se, no lugar do paciente, o *phantom*. Este foi posicionado junto ao aparelho de microondas para simular um tratamento.

O eletrodo de aplicação do equipamento de diatermia de microondas foi posicionado sobre o *phantom* de modo condizente com o manual de instruções do equipamento. O ajuste da potência e o tempo de aplicação foi condizentes aos tratamentos reais, de acordo com o manual de instruções.

O Termopile de Moll foi posicionado a 50 cm acima do *phantom,* anotando-se a temperatura inicial da solução salina. Já o aparelho celular foi posicionado junto ao aparelho de diatermia por microondas, o mais próximo possível de entradas de ar do equipamento.

Ao todo, foram realizadas 15 simulações, divididos em duas baterias de de 5 experimentos cada, conforme descrito a seguir.

4.4.1 Primeira bateria de experimento

Ao se iniciar a simulação, foi averiguada a temperatura do *phantom* indicada no termopar. Medições foram anotadas a cada minuto até o término da simulação, que durou 5 minutos. O procedimento de simulação de tratamento e medição da temperatura será realizado da mesma forma por 5 vezes. A temperatura do ambiente de simulação foi anotada. Note que nesta bateria não houve presença de aparelho móvel de telefonia celular.

4.4.2 Segunda bateria de experimento (bateria experimental 1)

Uma segunda bateria de simulação de tratamento foi realizada, de modo semelhante a primeira, mas com um aparelho móvel celular acoplado ao equipamento de diatermia por microondas. A simulação de tratamento e medição de temperatura com o aparelho de celular em modo *stand by* foi repetido por cinco vezes.

4.4.3 Terceira bateria de experimento (bateria experimental 2)

Uma terceira bateria de simulação de tratamento foi realizada, mas com um aparelho móvel celular acoplado ao equipamento de diatermia por microondas e recebendo uma chamada de voz após o primeiro minuto de tratamento, portanto, cada teste durou 1 minuto mais o tempo em que o aparelho recebia a chamada, ou seja, seu toque era audível. A simulação de tratamento e medição de temperatura foi repetido por cinco vezes.

5. RESULTADOS

Bateria 1: Temperatura e diferença de potencial obtidos de *phantom* tratado por aparelho terapêutico de microondas sem presença de aparelho móvel celular a cada minuto.

Tabela 2a: Primeiro teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,7	0,090
1	27,0	0,169
2	27,0	0,163
3	27,0	0,135
4	27,0	0,168
5	27,1	0,176
Média (1º ao 5º minutos)	27,0	0,162

Tabela 2b: Segundo teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,7	0,095
1	26,8	0,158
2	26,8	0,156
3	26,9	0,155
4	26,9	0,155
5	26,9	0,154
Média (1º ao 5º minutos)	26,9	0,156

Tabela 2c: Terceiro teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,5	0,090
1	27,0	0,171

2	27,1	0,171
3	27,0	0,170
4	27,0	0,164
5	26,9	0,166
Média (1º ao 5º minutos)	27,0	0,168

Tabela 2d: Quarto teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,5	0,096
1	27,0	0,165
2	27,0	0,165
3	27,1	0,164
4	27,1	0,163
5	27,0	0,165
Média (1º ao 5º minutos)	27,0	0,164

Tabela 2e: Quinto teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,5	0,084
1	26,9	0,162
2	26,8	0,159
3	26,8	0,155
4	26,8	0,157
5	26,8	0,157
Média (1º ao 5º minutos)	26,8	0,158

Tabela 2f: Médias dos testes

Teste	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
1º	27,0	0,162
2º	26,9	0,156

3º	27,0	0,168
4º	27,0	0,164
5º	26,8	0,158
Média	26,9	0,161

Quadro 1a: Descrição estatística da temperatura do grupo controle.

Número de observações	25
Mínimo	26,8
Máximo	27,1
Faixa	0,3
Média	26,948
Desvio Padrão (μ_1)	0,10456
Intervalo de confiança da média 95%	[26,905, 26,991]

Quadro 1b: Descrição estatística da intensidade do campo elétrico do grupo controle.

Número de observações	25
Mínimo	0,135
Máximo	0,176
Faixa	0,041
Média	0,16172
Desvio Padrão (μ_2)	0,00819
Intervalo de confiança da média 95%	[0,15834, 0,1651]

Bateria 2: Temperatura e diferença de potencial obtidos de *phantom* tratado por aparelho terapêutico de microondas com presença de aparelho móvel celular a cada minuto.

Tabela 3a: Primeiro teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,3	0,114
1	26,9	0,162
2	26,8	0,159
3	26,8	0,155
4	26,8	0,157
5	26,8	0,157
Média (1º ao 5º minutos)	26,8	0,158

Tabela 3b: Segundo teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,7	0,121
1	26,9	0,221
2	26,9	0,214
3	26,9	0,235
4	26,8	0,232
5	26,8	0,234
Média (1º ao 5º minutos)	26,8	0,277

Tabela 3c: Terceiro teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,5	0,113
1	26,9	0,218
2	26,8	0,213
3	26,9	0,210

4	26,8	0,210
5	26,8	0,200
Média (1º ao 5º minutos)	26,8	0,210

Tabela 3d: Quarto teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,6	0,107
1	26,9	0,210
2	26,9	0,211
3	27,0	0,212
4	27,0	0,212
5	26,9	0,209
Média (1º ao 5º minutos)	26,9	0,211

Tabela 3e: Quinto teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,6	0,106
1	27,1	0,213
2	27,0	0,211
3	27,1	0,212
4	27,1	0,211
5	27,0	0,211
Média (1º ao 5º minutos)	27,1	0,212

Tabela 3f: Médias dos testes

Teste	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
1º	26,8	0,258
2º	26,8	0,267
3º	26,8	0,210
4º	26,9	0,211

5º	26,8	0,158
Média	26,82	0,212

Quadro 2a: Descrição estatística da temperatura do grupo experimental 1.

Número de observações	25
Mínimo	26,8
Máximo	27,1
Faixa	0,3
Média	26,904
Desvio Padrão (σ_1)	0,10198
Intervalo de confiança da média 95%	[26,862, 26,946]

Quadro 2b: Descrição estatística da intensidade do campo elétrico do grupo experimental 1.

Número de observações	25
Mínimo	0,155
Máximo	0,235
Faixa	0,08
Média	0,20356
Desvio Padrão (σ_2)	0,02461
Intervalo de confiança da média 95%	[0,1934, 0,21372]

Bateria 3: Temperatura e diferença de potencial obtidos de *phantom* tratado por aparelho terapêutico de microondas com presença de aparelho móvel celular recebendo uma chamada.

Tabela 4a: Primeiro teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,8	0,095
1	27,0	0,190
Chamada	27,0	0,190

Tabela 4b: Segundo teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,8	0,086
1	27,1	0,201
Chamada	27,1	0,200

Tabela 4c: Terceiro teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,7	0,096
1	26,9	0,180
Chamada	26,9	0,182

Tabela 4d: Quarto teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,7	0,095
1	26,9	0,191
Chamada	26,9	0,187

Tabela 4e: Quinto teste

Minuto	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
Início	26,7	0,096
1	27,0	0,198
Chamada	27,0	0,195

Tabela 4f: Médias dos testes durante as chamadas

Teste	Temperatura (°C)	Intensidade ($^{mV}/_{m}$)
1º	27,1	0,190
2º	26,9	0,200
3º	26,9	0,182
4º	26,9	0,187
5º	27,0	0,195
Média	27,0	0,191

Quadro 3a: Descrição estatística da temperatura do grupo experimental 2.

Número de observações	5
Mínimo	26,9
Máximo	27,1
Faixa	0,2
Média	26,96
Desvio Padrão (σ_3)	0,08944
Intervalo de confiança da média 95%	[26,849, 27,071]

Quadro 3b: Descrição estatística da intensidade do campo elétrico do grupo experimental 2.

Número de observações	5
Mínimo	0,182
Máximo	0,2
Faixa	0,018
Média	0,1908
Desvio Padrão (σ_4)	0,00698
Intervalo de confiança da média 95%	[0,18213, 0,19947]

Os resultados tiveram pequena variância entre si nos diferentes testes. Todos os testes foram executados utilizando 30% da potência total do aparelho, ou seja, 36 W. Tal potência produziu alteração de temperatura de até 0,3°C no *phantom* com volume de dois litros de água.

Não foram notados picos de energia térmica ou de campo elétrico. Notou-se que os valores de temperatura mudaram desde o primeiro minuto, com alterações de temperatura em questão de segundos do início da simulação e apenas nos primeiros segundos, mantendo-se constante durante os 5 minutos.

Como se pode notar pela tabela 2f, o aparelho de microondas terapêutico, com o aparelho móvel celular desligado produziu intensidade, em média, de 0,162 $^{mV}/_{m}$. Não houveram grandes alterações na temperatura ambiente, climatizada e medida por termopar incluso no leitor do termopile.

O aparelho móvel celular, por não manter posição em pé sem suporte, necessitou ser acoplado ao aparelho de diatermia por microondas utilizando-se uma fita adesiva. O magnetron do aparelho foi disposto sobre o *phantom* diagonalmente de forma que o termopile pôde ser posicionado diretamente acima do *phantom* à 50 cm de altura.

Os intervalos de confiança, obtidos estatisticamente por modelo simples de *t-student,* obtido por meio do aplicativo *InStat Plus Statistical Software* (Met Office - Statistical Services Centre, versão 3.036), demonstraram que não houve interferência do aparelho móvel celular no aumento de temperatura do *phantom*. Entretanto, ao se observar o resultado e o intervalo de confiança da intensidade do campo elétrico, nota-se que houve grande discrepância entre a bateria controle e as baterias experimentais. Nota-se também que os valores de temperatura do *phantom* durante a chamada recebida pelo aparelho móvel celular estão fora do intervalo de confiança da bateria controle, indicando que houve interferência do aparelho celular sobre o aparelho de diatermia por microondas.

Do ponto de vista terapêutico, os resultados dos experimentos mostram que não houve interferência no aparelho terapêutico de microondas pelo aparelho móvel celular. Nota-se um acúmulo de campo elétrico, mas sem alterações notáveis na temperatura do *phantom*.

Esperava-se que houvesse alguma alteração na temperatura, não pela ação direta das ondas eletromagnéticas emitidas pelo aparelho móvel celular sobre o magnetron do aparelho de microondas e sim por sua interferência sobre os circuitos que compõe o sistema de modulação do aparelho, uma vez que tais circuitos podem atuar como antenas receptoras para as ondas eletromagnéticas emitidas pelo aparelho móvel celular, ou seja, interferência classe B, em que a largura da banda do barulho eletromagnético que chega ao aparelho é maior do que os estágios de frente do receptor, de modo que efeitos transientes, tanto no acúmulo como na degradação ocorrem, com o último predominando. O receptor é "excitado por choque", particularmente para barulhos de curta duração, de modo que se diz que o receptor "toca". Já barulho "inteligente é artificial e com intenção de transmitir uma informação de algum tipo. (MIDDLETON, FELLOW, 1977)

Entretanto não houve interferência aparente sobre os circuitos mencionados, nem se quer nos momentos em que o aparelho móvel celular recebu uma chamada de voz.

Tal valor é menor do que a intensidade de campo elétrico produzida por alguns aparelhos móveis celulares, como pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5: Fequência, intensidade de campo elétrico, e propósito de sinais medidos no hospital de Fukuoka, Japão.

Measurement Point	Frequency	Intensity (V/m)	Purpose
Point 1N	508 MHz	0.18	TV (UHF)
	612 MHz	0.13	TV (UHF)
	816 MHz	0.18	Cellular phone (PDC)
	816 MHz	0.45	Cellular phone (PDC)
	870 MHz	0.18	Cellular phone (CDMA)
	1.06 GHz	0.20	Aeronautical radionavigation
	1.12 GHz	0.18	Aeronautical radionavigation
	1.12 GHz	0.20	Aeronautical radionavigation
	1.34 GHz	0.20	Aeronautical radionavigation
	1.92 GHz	0.20	Cellular phone (PHS)
	2.79 GHz	0.13	Aeronautical radionavigation
	2.79 GHz	0.35	Aeronautical radionavigation

Fonte: http://www.springerlink.com/content/k254110075130737/fulltext.pdf

Da mesma forma, os valores da combinação do campo elétrico do aparelho móvel celular e do aparelho de diatermia por microondas não atingiram valores significativos, quando comparados com a tabela acima.

6. DISCUSSÃO

Deve-se notar que a caixa que envolve o aparelho terapêutico de microondas é constituído de metal com a finalidade de evitar que ocorram tais interferências. Por esse motivo, o aparelho móvel celular foi posicionado em frente à grelha de entrada de ar, que é a única região por onde seria possível passarem ondas eletromagnéticas.

Deve-se notar também que a arquitetura da grelha é análoga às grelhas encontradas em fornos de microondas. Nos fornos existe para prevenir a saída de radiação para o ambiente, como descrito por Tanaka *Et. al* em sua patente para construção de porta para forno de microondas de 1977. No caso do aparelho de diatermia por microondas, a grelha tem a finalidade de evitar a entrada de poeira e de radiação emitida pelo próprio magnetron.
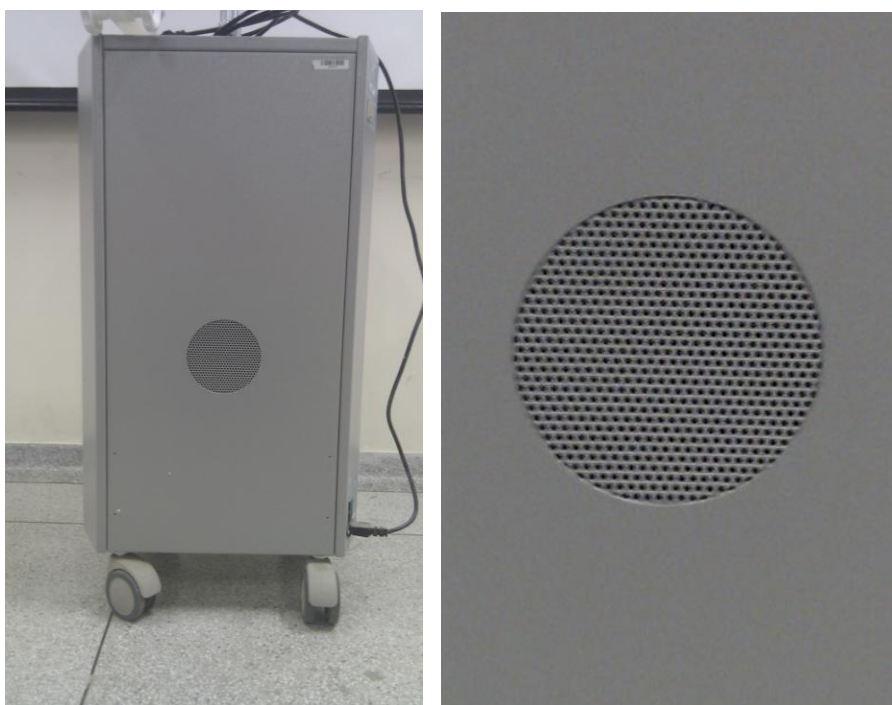
Figura 6: Grelha de passagem de ar do aparelho de diatermia por microondas.

Houveram alterações de temperatura ambiente, mesmo que pequenas, poderiam ter afetado o efeito térmico das microondas sobre o *phantom*, mesmo que isso não seja aparentemente notável nos resultados. Além disso, mesmo

com diferença de temperatura inicial entre um teste e outro, principalmente na bateria de testes controle, produziu resultados de temperatura no quinto minuto iguais, o que pode ser indicativo de que o ajuste de potência do aparelho de diatermia por microondas não seja satisfatoriamente preciso.

O campo elétrico aferido pelo termopile, por outro lado demonstrou diferenças entre os grupos controle e experimental 1, porém não houve diferença estatística entre os grupos controle e experimental 2. Supõe-se que os valores iniciais de campo elétrico aferidos pelo termopile no grupo experimental 1 são compostos pela somatória dos campos elétricos gerados pelo aparelho de diatermia por microondas e aparelho móvel celular.

Entretanto tal somatória não foi observada no grupo experimental 2, o que poderia ser explicado por possível alteração de posição não intencional do aparelho de microondas ou do aparelho celular em relação ao *phantom* e ao termopile.

Outro motivo para tal alteração seria uma leve mudança de posição do aparelho celular enquanto estava acoplado ao aparelho de microondas, de modo que o sinal da antena do primeiro fosse bloqueado pela parte metálica da grelha do segundo depois de executar a segunda bateria de testes e antes de executar a terceira bateria de testes. Isso indicaria que houve, de fato, interferência pelo aparelho móvel celular sobre o aparelho de diatermia por microondas, porém sem prejuízos ao efeito terapêutico do aparelho. Todavia deve se levar em conta que o *n* utilizado na bateria 3, ou seja, nos experimentos em que o aparelho móvel celular recebeu chamadas é demasiadamente pequeno, prejudicando sua confiabilidade. Assim não se pode confirmar a possibilidade de que o recebimento de chamada do aparelho não causa EMI.

Outro aspecto que poderia causar detrimento aos resultados do experimento é a natureza analógica do aparelho de diatermia por microondas, ou seja, o aparelho utiliza um potenciômetro resistido para o ajuste da potência de saída de microondas. Isso, aliado a um mostrador analógico de ponteiro produz imprecisão ao se ajustar a potência durante o experimento.

Figura 7: Potenciômetro e mostrador analógicos do aparelho de diatermia por microondas.

As peças analógicas do aparelho de diatermia por microondas podem devem sofrer EMI devido ao sinal do aparelho móvel celular ou qualquer outro sinal eletromagnético ambiente. Não se sabe exatamente como ocorre o fenômeno de EMI além do fato que componentes eletrônicos, por meio de suas partes metálicas são suscetíveis à EMI, pois podem receber sinais eletromagnéticos do mesmo modo que antenas recebem tais sinais. No caso das peças analógicas, seus contatos metálicos poderão atuar como tais antenas, diferentemente de componentes eletrônicos, como diodos e resistores, que podem atuar por si como antenas, sejam eles do tipo SMD (superficial monting device) ou não. Pelas figuras abaixo podemos notar as diferenças estruturais de componentes eletrônicos do tipo SMD e não-SMD. Além disso, é possível notar a clara diferença de tamanho tanto das peças em si como dos contatos com suas respectivas placas de circuito.

Nota-se que os componentes SMD são menores e seus contatos são soldados na superfície da placa, ao passo que os componentes não-SMD

atravessam a placa através de orifícios e são soldados na traseira da placa de circuito.
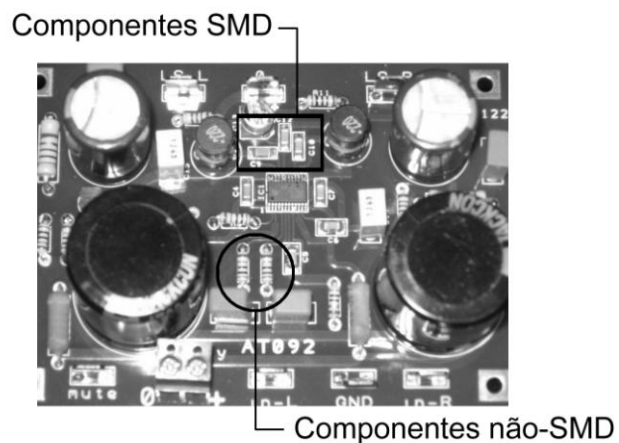
Figura 8: Componentes SMD e não-SMD

Fonte: http://www.hawkaudio.com/amp/D-123.htm

Figura 9: *Close-up* de placa de circuito apenas com componentes SMD

Fonte: http://www.deskpicture.com/DPs/Technology/CircuitBoard_1.html

O ambiente utilizado para as baterias de testes foi uma sala que não era preparada para isolar campos eletromagnéticos. Por esse motivo, não

podemos afirmar com absoluta certeza que durante a bateria experimental 1, a interferência verificada foi de fato originado do aparelho móvel celular. Tal fato é reforçado pela bateria experimental 2. Se postularmos que não houve alteração na posição do celular, sua presença não teria sido a fonte de EMI na bateria experimental 1 e assim, por dedução, a fonte de EMI deverá ser obrigatoriamente diferente do aparelho móvel celular, ou seja, barulho eletromagnético de fundo poderia ser tal fonte de EMI.

Além disso, como notado por Cabral e Mühlen (2002) alterações de diferentes estruturas e até mesmo alterações na posição de cabos de energia poderão atuar como refletores de sinal de modo que até mesmo a posição do aparelho de diatermia de microondas poderia se tornar uma variável uma vez que há possibilidade de um ponto da sala onde foram executadas as baterias de testes ter maior barulho eletromagnético do que outro ponto da sala. Um laboratório de amplo espaço envolto por uma gaiola de Faraday seria o sítio mais apropriado para a execução das baterias de testes, porém financeiramente e logisticamente custoso.

O termopile de Moll foi utilizado para medir o campo elétrico e a temperatura do phantom, porém tal equipamento, mesmo com sua alta precisão poderia não ser suficiente para analizar a EMI. Cabral e Mühlen (2001) utilizaram um analisador de espectro (TEK-2710) centrado em 835 MHz conectado a uma antena dipolo de $^{1}/_{2}\lambda$. Possivelmente um aparelho como um analisador de espectro poderia dar maior percepção em relação à alterações da amplitude de onda gerada pelo magnetron do aparelho de diatermia por microondas.

Finalmente o próprio aparelho móvel celular é uma variável visto que a qualidade da recepção de sinal ocorre devido a intensidade do campo eletromagnético provido de antenas das operadoras de telefonia celular. Em locais em que o sinal é bom, o aparelho móvel celular, no caso Nokia N96, irá diminuir ativamente a potência de sua antena. Isso ocorre tanto para prolongar o tempo de uso da bateria, ou seja, o aparelho permanece ligado por tempo maior e para, durante chamadas, emitir campo eletromagnético de menor intensidade contra o indivíduo que utilizar o aparelho. Já locais em que a qualidade do sinal é ruim, o aparelho móvel celular possui a característica de

aumentar a potência de sua própria antena, com potência máxima de 250 mW para o Nokia N96 (SAR Compliance Test Report, 2008). Assim há também a possibilidade da antena estar emitindo sinal de maior intensidade durante a bateria de testes experimental 1 e menor intensidade na bateria de testes experimental 2 e baixa intensidade até mesmo na bateria controle. Novamente um laboratório provido de uma gaiola de Faraday, ao eliminar o sinal provindo das antenas das operadoras de telefonia celular faria com que o aparelho móvel celular entrasse em modo de busca por sinal ativo forçando-o a aumentar a potência em sua antena.

Não foram notados picos de energia térmica durante o experimento. Como existe a possibilidade de tais picos terem duração extremamente pequena, possivelmente da ordem de milissegundos, talvez não seja possível documentar tais picos, a não ser que exista equipamento capaz de executar essa leitura com a velocidade necessária, armazenando os valores obtidos diretamente em um computador, diferentemente do que foi feito no experimento realizado, em que a leitura era feita a olho nu.

Da mesma forma, um sistema informatizado para coleta direta dos dados aferidos pelo termopile seria uma forma mais eficaz de colher a temperatura segundo a segundo nos momentos em que ocorria o aquecimento do *phantom*.

7. CONCLUSÃO

Concluímos por meio experimental que ocorreu interferência no aparelho de diatermia por microondas, no entanto não foi possível apontar a fonte da interferência. Houveram viés metodológicos que impediram que fosse possível determinar exatamente se o aparelho móvel celular foi de fato a fonte determinante para que ocorresse a alteração do campo elétrico do *phantom*.

Da mesma forma, os objetivos propostos foram apenas parcialmente alcançados uma vez que o equipamento utilizado não foi adequado para as coletas de dados. Seria necessário um aparelho mais apropriado e automatizado para que seja possível coletar os dados experimentais propostos.

Propõe-se que futuramente tal experimento seja feito em laboratório adequado, de forma que não hajam CEM externos ao experimento, que possam interferir nos resultados. Além disso, seria interessante testar a EMI com um gerador de ondas eletromagnéticas, já que desta forma seria possível isolar freqüências específicas que seriam de fato os valores causadores de EMI.

Não podemos nos esquecer que o aparelho digital emite CEM em pulsos carregando pacotes de informações, o que poderia causar EMI, ou seja, não se sabe se os pacotes de informação são determinantes para a ocorrência de EMI. Tal fato poderia também ser incluso em trabalhos futuros.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anatel. **Dados de Acessos Móveis em Operação e Densidade, por Unidade da Federação, do Serviço Móvel Pessoal**. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=228442&assuntoPublicacao=Dados%20de%20Acessos%20M%F3veis%20do%20SMP%20&caminhoRel=Cidadao-Telefonia%20M%F3vel-Dados%20do%20SMP&filtro=1&documentoPath=228442.pdf>. Acesso em: 28 junho 2009, 21:46.

Bueno, M. **O Grande Livro da Casa Saudável.** São Paulo: Roca, 1995.

Cabral, S. Mühlen, S. INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM EQUIPAMENTO ELETROMÉDICO OCASIONADA POR TELEFONIA MÓVEL CELULAR. **Disertação de Mestrado. UNICAMP, 2001**. Disponível em: < <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000227290>. Acesso em: 11 setembro 2009, 13:49.

Cabral, S. Mühlen, S. Interferência Eletromagnética No Ambiente Hospitalar. **Revista Digital Multiciência: Revista Interdisciplinar para os Centros e Núcelos da UNICAMP.** v.5, 2005. Disponível em: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/cd49/bruno.pdf>. Acesso em: 11 setembro 2009, 13:46.

CALCAGNINI, G., BARTOLINI, P., FLORIS, M., TRIVENTI, M., CIANFANELLI, P., SCAVINO, G., PROIETTI, L., BARBARO, V. **Electromagnetic Interference To Infusion Pumps From GSM Mobile Phones.** Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1403988. Acesso em: 17/11/2010, 23:17.

FCC. **SAR Compliance Test Report**. TCC Nokia, abr, 2008. Disponível em: <https://fjallfoss.fcc.gov/prod/oet/forms/blobs/retrieve.cgi?attachment_id=982576&native_or_pdf=pdf>. Acesso em: 9 novembro 2009, 21:40.

Ferreri, F., G. Curcio, P. Pasqualetti, L. de Gennaro, R. Fini, and P. M. Rossini. Mobile phone emissions and human brain excitability. **Annals of Neurology**. Vol. 60, No. 2, 188–196, 2006. Disponível em: <

http://dippsicologia.psi.uniroma1.it/pubblicazioni/DeGennaro/AnnalsNeurol2006.pdf>. Acesso em: 27 novembro 2009, 19:39.

Goats, G.C. Microwave diathermy. **British Journal of Sports Med.** Vol.24, p.212–218 dezembro 1990. Disponível em: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1478902/. Acesso em: 8 novembro, 2009, 17:08.

Halliday, D. Resnick, R. Walker, J. **Fundamentos da Física.** 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

HANADA, E., KODAMA, K., TAKANO, K., WATANABE, Y., NOSE, Y. **Possible Electromagnetic Interference with Electronic Medical Equipment by RadioWaves Coming from Outside the Hospital.** Disponível em: http://www.springerlink.com/content/k254110075130737/fulltext.pdf. Acesso em: 16/11/2010, 00:41.

Hawkins, S. **The Universe in A Nutshell.** Nova Iorque, EUA: Bantam Books, 2001.
MIDDLETON , D., FELLOW. **Statistical-Physical Models of Electromagnetic Interference.** IEEE Transactions On Electromagnetic Compatibility, VOL. EMC-19, NO. 3, AUGUST 1977.

McMeeken, J. Stillman, B. In: Kitchen, S. Bazin, S. **Eletroterapia de Clayton**. 10ª ed. São Paulo. Manole. 1998.
Microtherm Manual de Operação TMW 0001. **KLD Biosistemas Equipamentos Eletrônicos Ltda.** 2003.

Kristiansen, I. Elstein, A. Gyrd-Hansen, D. Kildemoes, H. Nielsen, J. Radiation From Mobile Phone Systems: Is it Perceived as aThreat to People's Health? **Bioelectromagnetics** v. 30, n.5, p.393-401, 2009. Disponível em: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/122269221/PDFSTART>. Acesso em: 08 junho 2009, 14:46.

Librantz, A. Librantz, H. Efeitos da Interferência Eletromagnética em Aeronaves Causados por Dispositivos Eletrônicos Portáteis (PEDs). **Revista Digital Exacta**. São Paulo, v.4, n.1, p.55-63., jan/jun 2006. Disponível em: <http://www4.uninove.br/ojs/index.php/exacta/article/viewFile/653/614>. Acesso em : 9 novembro 2009, 20:56.

Mark, T. Kanda, M. Crawford, M. Larsen, E. A Review of Electromagnetic Compatibility/Interference Measurement Methodologies. **Anais da IEEE**

v. 73, 1985. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&isnumber=&arnumber=1457432>. Acesso em: 13 outubro 2009, 8:41.

Messias, I. A. Exposição Oocupacional às Radiações Eletromagnéticas Não-Ionizantes de Fisioterapeutas que operam Equipamentos de Diatermia de Ondas Curtas em Presidente Prudente – SP.**Tese de Doutorado.** Faculdade de Saúde Pública – USP, São Paulo, 2003.

Mühlen, S. Gerenciamento das interferencias eletromagneticas em Hospitais: consideracoes e aspectos atuais. **21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2008.** Disponível em: <http://www.sbeb.org.br/cbeb2008/Compatibilidade%20Eletromagn%E9tica%20e%20Bioeletromagnetismo/o_0916.pdf>. Acesso em: 11 setembro 2009, 13:58.

Niehaus, M. Tebbenjohanns, J. Electromagnetic interference in patients with implanted pacemakers or cardioverter-defibrillators. **Revista Digital Heart and Edutacion in Heart.** v.86, n.3, p.246-248, 2001. Disponível em: http://heart.bmj.com/cgi/reprint/86/3/246>. Acesso em: 11 setembro 2009, 13:56.

NASA. The Electromagnetic Spectrum. Disponível em: <http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/waves3.html>. Acesso em: 28 junho 2009 22:45.

OMS. **Sobre Riscos De Estabelecendo Um Diálogo Organização Mundial De Saúde Campos Eletromagnéticos**. Genebra, Suíça: Biblioteca da OMS, 2002.

TANAKA, J. et Al. **Microwave Oven Door Assembly.** United States Patent 4008383. Disponível em: < http://www.google.com.br/patents?hl=pt-BR&lr=&vid=USPAT4008383&id=S0A3AAAAEBAJ&oi=fnd&dq=microwave+ove

n++shield+electromagnetic&printsec=abstract#v=onepage&q=microwave%20oven%20%20shield%20electromagnetic&f=false. Acesso em: 17/11/2010, 23:50.

Zevzikovas, M. Efeitos Da Interferência Eletromagnética Conduzida Em Equipamentos Eletromédicos No Ambiente Hospitalar. **Dissertação de Mestrado,** UNICAMP, 2001. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000321390>. Acesso em: 11 setembro 2009, 13:51.

Zhu, Y. Gao, F. Yang, X. Shen, H. Liu, W. The Effect of Microwave Emission from Mobile Phones on Neuron Survival in Rat Central Nervous System. **Progress In Electromagnetics Research - PIER. v. 82. p.287-298, 2008.** Disopnível em: <http://ceta.mit.edu/PIER/pier82/19.08022813.pdf>. Acesso em: 28 junho 2009. 22:00.